

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Brno, 2021

Richard Jelínek



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY
A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

ÚSTAV ELEKTROTECHNOLOGIE

DEPARTMENT OF ELECTRICAL AND ELECTRONIC TECHNOLOGY

VYUŽITÍ FOTOVOLTAICKÉ ELEKTRÁRNY
PRO INTEGROVANÝ ZÁCHRANNÝ SYSTÉM

USE OF A PHOTOVOLTAIC POWER PLANT FOR AN INTEGRATED RESCUE SYSTEM

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Richard Jelínek

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Jiří Vaněk, Ph.D.

BRNO 2021

Bakalářská práce

bakalářský studijní program **Mikroelektronika a technologie**

Ústav elektrotechnologie

Student: Richard Jelínek

ID:174207

Ročník: 3

A k a d e m i c k ý r o k : 2020/21

NÁZEV TÉMATU:

Využití fotovoltaické elektrárny pro integrovaný záchranný systém

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Navrhněte systém zabezpečení elektrickou energií z obnovitelných zdrojů pro zajištění složek integrovaného záchranného systému (např. při živelných pohromách). Proved'te rozbor současných zdrojů elektrické energie u záchranných složek při živelných pohromách

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Podle pokynů vedoucího práce.

Termín zadání: 29.1.2021

Termín odevzdání: 3.6.2021

Vedoucí práce: doc. Ing. Jiří Vaněk, Ph.D.

doc. Ing. Jiří Háze, Ph.D.
předseda rady studijního programu

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Vysoké učení technické v Brně / Technická 3058/10 / 616 00 / Brno

Abstrakt

Práce se zabývá problematikou využití mobilní fotovoltaické elektrárny při zásazích složek integrovaného záchranného systému. Rozebírá teorii energie slunečního záření a její přeměny na elektrickou energii a poté rozebírá jednotlivé prvky fotovoltaické elektrárny. Řekne nám, jaké se používají při zásazích čerpadla a jaké se používají elektrocentrály. Poté se věnuje vlastnímu návrhu elektrárny, která by sloužila jako alternativní zdroj energie, ke spalovacím motorům.

Klíčová slova

Mobilní fotovoltaická elektrárna, dieselové agregáty, ostrovní systém, integrované záchranné složky, vodní čerpadla.

Abstract

The work deals with the issue of using a mobile photovoltaic power plants in the interventions of the units of the integrated rescue system. It analyzes the theory of solar energy and its conversion into electrical energy and then analyzes the individual elements of the photovoltaic power plant. It tells us what type of pump is used in interventions and what and which type of power plants is used in. He then deals with his own design of a power plant, which serves as an alternative energy source, for internal combustion engines.

Keywords

Mobile photovoltaic power plant, diesel generators, off-grid system, integrated rescue units, water pumps.

Bibliografická citace

JELÍNEK, Richard. Využití fotovoltaické elektrárny pro integrovaný záchranný systém. Brno, 2021. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/134601>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav elektrotechnologie. Vedoucí práce Jiří Vaněk.

Prohlášení autora o původnosti díla

Jméno a příjmení studenta:	<i>Richard Jelínek</i>
VUT ID studenta:	<i>174207</i>
Typ práce:	<i>Bakalářská práce</i>
Akademický rok:	<i>2020/21</i>
Téma závěrečné práce:	<i>Využití fotovoltaické elektrárny pro integrovaný záchranný systém</i>

Prohlašuji, že svou závěrečnou práci jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucí/ho závěrečné práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené závěrečné práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této závěrečné práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

V Brně dne: 3.6.2021

podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Jiřímu Vaňkovy, Ph.D. za metodickou a pedagogickou podporu, pomohl mi, zjistit na co se v práci zaměřit, zařídil mi přístup k simulačnímu programu, provázel mne při tvorbě bakalářské práce a dal mi kontakt na důležitého člověka pana Ing. Petra Mauleho, kterému vděčím za pomoc při tvorbě návrhu v simulačním programu a dokončení simulací, taky bych chtěl poděkovat panu Ing. Petru Lavičkovi, který se mnou probral problematiku dimenzace kabeláže a jističů a v taky chci poděkovat i svoji mamince, která mi poskytla morální podporu při tvorbě práce a pomohla mi s opravou gramatických chyb

V Brně dne: 3.června 2021

podpis autora

Obsah

SEZNAM OBRÁZKŮ	11
SEZNAM TABULEK.....	12
ÚVOD.....	13
1. TEORETICKÝ ÚVOD K PRÁCI.....	14
1.1 OSTROVNÍ FOTOVOLTAICKÉ SYSTÉMY.....	14
1.2 FOTOVOLTAICKÁ ELEKTRÁRNA	14
1.3 SOLÁRNÍ GENERÁTORY.....	15
1.3.1 Účinnost solárních generátorů.....	15
1.4 FOTOVOLTAICKÉ PANELE	16
1.5 REGULÁTORY	17
1.5.1 Přizpůsobení na systémové napětí.....	17
1.5.2 Ochranné funkce regulátoru	17
1.5.3 Indikace pracovních stavů.....	18
1.6 AKUMULÁTORY.....	18
1.6.1 Kondenzátorové baterie	18
1.6.2 Elektrolýza vody.....	18
1.6.3 Přecherávání vody	18
1.6.4 Elektrochemické akumulátory.....	18
1.7 MĚNIČE	19
1.8 ZÁTĚŽ.....	19
1.8.1 Čerpadlo Ready 8 S.....	19
1.8.2 Čerpadlo Ready 8S S.....	20
1.9 ELEKTROCENTRÁLY	20
1.9.1 Elektrocentrála 4 kW.....	20
1.9.2 Elektrocentrála 8 kW.....	20
2. NÁVRH MOBILNÍ FVE	21
2.1 FV PANEL.....	21
2.2 MĚNIČ NA VÝSTUPU SOLÁRNÍCH GENERÁTORŮ	22
2.3 BATERIOVÝ MĚNIČ	23
2.3.1 Baterie akumulátorů.....	23
2.3.2 Kabeláž.....	24
2.3.3 Jističe	25
2.4 PŘEPRAVNÍ VOZIDLO A KONTEJNER	25
2.5 ULOŽENÍ KOMPONENTŮ V KONTEJNERU ISO 1C.....	27
2.6 ROZLOŽENÍ POLE FVP NA VOLNÉ PLOŠE	27
2.7 SHRNUTÍ.....	28
3. ZÁVĚR.....	29
LITERATURA	30
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	32
SEZNAM PŘÍLOH.....	33

SEZNAM OBRÁZKŮ

1.1	Voltampérová charakteristika fotovoltaického článku	16
2.1	Rozměry FVP LG385Q1K-A6	22
2.2	Nosič kontejnerů a kontejnerových plošin TATRA T 815 6x6	26
2.3	Kontejner ISO 1C	27
2.4	Držák solárních panelů trojúhelníkové, sada 2ks pro 1 panel	28

SEZNAM TABULEK

1.1	Příklady hodnot součinitele znečištění	15
2.1	Elektrické vlastnosti (STC*) panelu LG385Q1K-A6	21
2.2	Mechanické vlastnosti (STC*) panelu LG385Q1K-A6	21
2.3	Mechanická data ABB UNO-DM-6.0-TL-PLUS	23
2.4	Elektrická data ABB UNO-DM-6.0-TL-PLUS	23
2.5	Parametry bateriového měniče Sunny Island 6.0H	23
2.6	Elektrická a mechanická data k akumulátoru 10 PVV 1500	24
2.7	Přehled použité kabeláže	24
2.8	Přehled použitých jističů	25
2.9	Mechanická data Tatry 815 6x6	25
2.10	Mechanická data kontejneru ISO 1C	26
2.11	Základní data k FV elektrárně	28

ÚVOD

Práce se zaměřuje na návrh a analýzu fotovoltaické elektrárny pro složky integrovaného záchranného systému (dále jen IZS). Složky IZS používají při zásazích vodní čerpadla na likvidaci následků povodní např. vyčerpání vody ze sklepů. Jako standartní zdroj energie používají spalovací agregáty. Práce se věnuje možnosti nahrazení spalovacích elektrocentrál fotovoltaickou elektrárnou.

Pro armádní použití se jako ideální řešení jeví složit fotovoltaickou elektrárnu do kontejneru ISO 1C, který je umístěn na podvozku Tatra T815. Fotovoltaická elektrárna by se poté rozložila ve volném prostoru. Výkon, který tato elektrárna poskytuje, by měl pokrýt výkon jednoho čerpadla s dostatečnou rezervou. Pomocí simulačního programu PV SOL navrhne vyhovující elektrárnu, která má dostatečný výkon a požadovanou kapacitu bateriového uložení.

Práce probere základní teorii slunečního záření a fotovoltaické elektrárny, včetně všech komponent, ze kterých se skládá. Zaměří se i na zdroje využívané armádou při polních zásazích. Práce poté nabídne vlastní návrh, který představuje možné řešení mobilní fotovoltaické elektrárny.

1. TEORETICKÝ ÚVOD K PRÁCI

1.1 Ostrovní fotovoltaické systémy

Ostrovní systémy jsou instalace nezávislé na rozvodné síti. Realizují se tam, kde nelze napájet spotřebiče z veřejné rozvodné sítě. Ostrovní systémy můžeme dále rozdělit na systémy s přímým napájením, systémy s akumulací elektrické energie a hybridní systémy.

Systémy s přímým napájením mají spojení fotovoltaických panelů přímo se spotřebičem přes regulátor. Připojené spotřebiče jsou aktivní jen při dostatečné intenzitě záření.

Systémy s akumulací elektrické energie ukládají přebytečnou energii. Vyrovnávají tak nestálost intenzity slunečního záření a spotřebiče podle potřeby napájí z akumulátoru.

Systémy hybridní jsou systémy s akumulací elektrické energie, které jsou rozšířeny o další zdroj elektrické energie. Díky tomu dokáží posílit generovaný výkon elektrárny. [2]

1.2 Fotovoltaická elektrárna

Na plochu země dopadá sluneční záření o výkonu 172 000 TW, 30 % výkonu se odrazí od zemského povrchu, zbytek se přemění v teplo nebo v jinou formu energie. Sluneční záření můžeme rozdělit na:

- přímé I_P
- difúzní I_D

Difúzní světlo je rozptýlené světlo, které se odráží od překážek jako mraky, prach a molekuly. Intenzita tohoto záření se zvyšuje se součinitelem znečištění.

Plošná hustota zářivého výkonu ve střední vzdálenosti Země od Slunce udává solární konstanta, jejíž hodnota je $I_0 = 1\,367\text{ W/m}^2$. Plošná hustota záření, která dopadá na povrch Země závisí na součiniteli znečištění a na zeměpisné šířce. Součinitel znečištění pak závisí na atmosférickém tlaku a na příměsích vzduchu. V České republice dosahuje maximální hodnota výkonu cca $1\,000\text{ W/m}^2$.

Pro intenzitu přímého slunečního záření dopadající kolmo na plochu platí:

$$I_{PN} = I_0 \cdot A^{-Z} \quad (1.1)$$

kde I_{PN} představuje intenzitu přímého slunečního záření dopadajícího kolmo na plochu, I_0 je solární konstanta, A je plocha a index Z se nazývá součinitel znečištění.

Pro obecně položenou plochu platí:

$$I_P = I_{PN} \cdot \cos(\gamma) \quad (1.2)$$

kde I_P je intenzita slunečního záření dopadajícího obecně na plochu a γ je úhel sklonu kolektoru.

Množství dopadající energie je závislé na sklonu kolektoru a součiniteli znečištění. V průběhu roku se mění ideální úhel pro zachycení co největšího množství energie. V letním období je to $30^\circ - 40^\circ$, v zimním $60^\circ - 90^\circ$ [1]. Tabulka 1.1 zobrazuje příklady hodnot součinitele znečištění podle typu dané oblasti.

Tabulka 1.1 Příklady hodnot součinitele znečištění

Typ oblasti	Součinitel znečištění Z [-]
Místa nad 2000 m n.m.	2
Místa nad 1000 m n.m.	2,5
Venkov bez průmyslových exhalací	3
Města a průmyslová střediska	4
Silně znečištěné prostředí	5

1.3 Solární generátory

Solární generátory se mohou skládat z jediného solárního modulu nebo z většího počtu solárních modulů pro dosažení požadovaného výkonu. Solární generátory jsou vystaveny působení slunce a větru a musí tedy být navrženy tak, aby obstály v těchto podmínkách. Hotové koupené moduly jsou navrženy tak, aby odolávaly atmosférickým vlivům, výrobce uvádí způsob upevnění i dodává příslušné materiály. Existuje řada způsobů montáže, nejčastěji jde však o montáž na rámy a stojany. Materiálem je nejčastěji hliník. Jsou-li použity jednotlivé rámy, je třeba brát v návrhu ohled na to, aby si navzájem nestínili. Generátory z malého počtu modulů je možno umístit na jednoduchý sloup.

Během instalace jednotlivých modulů je třeba dávat pozor na možnost zkratu. Pokrytí modulů neprůhledným krytem zajistí, aby neposkytovaly žádné napětí. Podle zapojení modulů mohou vznikat napětí, která mohou být i nebezpečná. Před přímým dotykem se chráníme použitím izolovaných nástrojů. Moduly by se neměli nepřiměřeně mechanicky namáhat, jinak je jejich mechanická stabilita dobrá. Baterie, pokud nejsou těsné, můžou způsobit únik vodíku. Vodík tvoří s kyslíkem výbušnou směs, nelze tedy pracovat s otevřeným plamenem v blízkosti baterií. Nebezpečné jsou také jiskry vznikající díky špatným kontaktům, s uvážením, že se jedná o poměrně vysoké proudy.

1.3.1 Účinnost solárních generátorů

Pokud zapojíme solární články do jednoho modulu je účinnost celého modulu menší než účinnost jednotlivých článků. Roli hraje využití plochy vzhledem k upevňovacímu rámu, i geometrický tvar jednotlivých článků. Další ztráty souvisí s jejich charakteristikou, většinou jsou zapojeny v kombinaci paralelního a sériového, pokud volt-ampérové charakteristiky nejsou určitým způsobem stejné, snižuje se účinnost modulu v důsledku nedokonalého přizpůsobení. Tyto ztráty činí 4–8 %. Modul instalovaný ve vnějším prostoru je vystaven jak teplu slunečního záření, tak i znečištění, což jsou faktory dalšího snížení účinnosti. Teplota může dosahovat hodnot 10 až 20 %. Znečištění má také za následek pokles účinnosti, platí to zejména pro jižní země, které mají dlouhé období sucha. Původní účinnost tak může klesnout i na polovinu. Nejsou však ještě započteny kosinové ztráty související s šikmým dopadem slunečního záření. V závislosti na zeměpisné šířce a úhlu to může být 15 až 25 %. Další ztráty mohou vznikat vzájemným stíněním a ztrátách na kabelech. Ty druhé činí 1 až 2 %. Uvedený pokles účinnosti je při souhře maximu negativních faktorů, v praxi zpravidla některé z nich vycházejí lépe. U velkých solárních elektráren počítáme s účinností nejméně 5 %, jednotlivé moduly mají 9 až 10 %. [9]

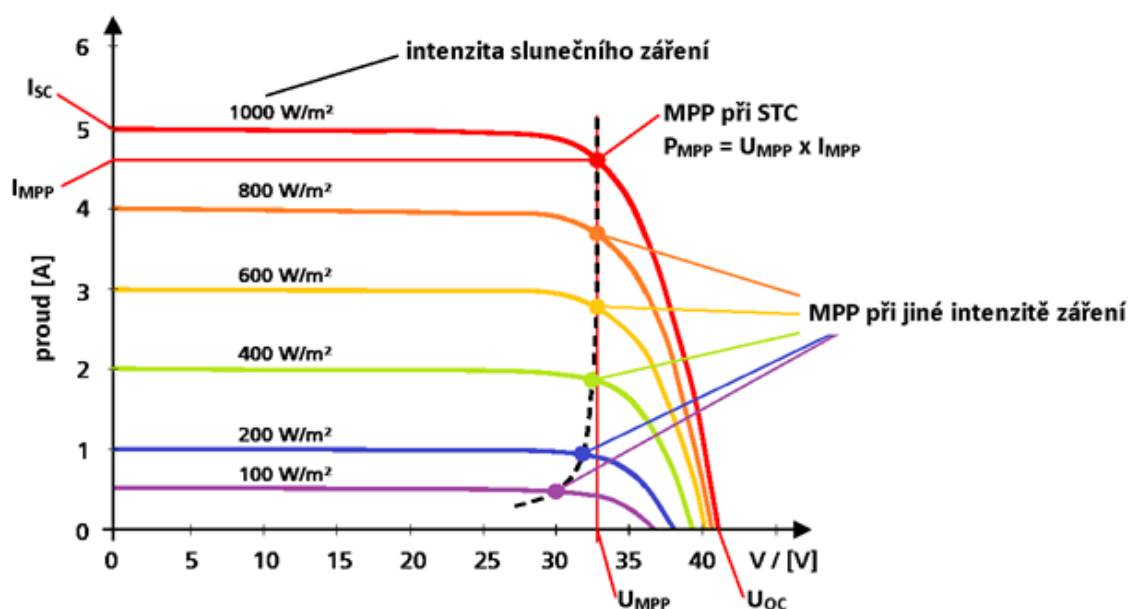
1.4 Fotovoltaické panely

Fotovoltaické články slouží pro přeměnu solární energie na elektrickou. Princip přeměny energie je přímý, to jest převod bez mezistupňů. Tyto přeměny jsou podmíněny znalostí fyzikálních jevů, vývoj fotovoltaiky je tak závislý na znalostech z fyziky, především na oblasti polovodičů.

Princip fotovoltaického článku (FVČ) využívá tzv. fotoelektrického jevu. Foton ze slunečního záření v látce generuje pár elektron – díra. Polovodiče mají PN přechod, ve kterém jsou díry a elektrony separovány – zabrání se tak jejich rekombinaci. Na PN přechodu se vytvoří stejnosměrné elektrické napětí (0,5 V u křemíkových článků).

Sérioparalelním zapojením článků vznikne fotovoltaický panel (FVP).

Základní informací o provozních parametrech FVČ je voltampérová charakteristika. Hraničními veličinami jsou pak napětí naprázdno U_{OC} a proud nakrátko I_{SC} . Průběh charakteristiky je na obrázku 1.1. [16]



Obrázek 1.1 Voltampérová charakteristika fotovoltaického článku

Napětí naprázdno U_{OC} je napětí, pokud na článek není připojen žádný spotřebič. Proud nakrátko I_{SC} je maximální proud, který článek může generovat.

Výkon FVČ je definován jako součin proudu a napětí, každý FVČ má jeden pracovní bod v místě, kde je součin napětí a proudu největší. Takový bod je nazýván bod maximálního výkonu (MPP) (Maximum Power Point) a spočítá se,

$$P_{MP} = U_{MP} \cdot I_{MP} \quad (1.3)$$

kde P_{MP} je maximální výkon FVČ, U_{MP} je napětí v bodě maximálního výkonu, I_{MP} je proud v bodě maximálního výkonu.

Další veličinou je činitel plnění FF ,

$$FF = \frac{U_{MP} \cdot I_{MP}}{U_{OC} \cdot I_{SC}} \quad (1.4)$$

U_{OC} je napětí fotovoltaického článku naprázdno a I_{SC} je proud fotovoltaického článku nakrátko.

Efektivitu přeměny dopadající energie hodnotí účinnost η ,

$$\eta = \frac{U_{MP} \cdot I_{MP}}{P_S} \quad (1.5)$$

je to podíl maximálního výkonu FVC a výkonu dopadajícího slunečního záření P_S .

Uvedené charakteristické veličiny jsou vždy určovány za normalizovaných testovacích podmínek, a to při teplotě $STC = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$, intenzitě slunečního záření $I = 1000\text{ W/m}^2$ a definované vzduchové hmotě $AM = 1,5$. Největší vliv na průběh Voltampérové charakteristiky má teplota a intenzita slunečního záření. [1]

1.5 Regulátory

Regulátory nabíjení jsou spojovací článek mezi FVP, akumulátorem a spotřebičem. Regulátory lze dělit podle systémového napětí, dále z hlediska maximálního vstupního a výstupního proudu a též z hlediska principu regulace výkonu – PWM, MPPT. Regulátor má za úkol optimalizovat proces nabíjení a vybíjení:

1. Dosáhnout co nejdelší životnosti akumulátoru, tak že při dosažení koncového nabíjecího napětí akumulátoru odpojí FVP od akumulátoru, nebo nabíjecí napětí po určitý časový interval vhodně omezí na hodnotu, které u daného typu akumulátoru zajistí, že nebude docházet k přebíjení.
2. Zabránění vybíjení akumulátoru přes FVP, což může nastat při nedostatečné intenzitě slunečního záření, kdy vnitřní odpor FVP poklesne natolik, že se začnou chovat jako spotřebiče
3. Chránit akumulátor před hlubokým vybitím. Dojde-li k poklesu napětí akumulátoru pod mezní hodnotu koncového vybíjecího napětí (příznak úplného vybití AKU), regulátor musí odpojit spotřebiče od akumulátoru, čímž zabrání poškození v důsledku vybití.

Pro dlouhou životnost akumulátoru má rozhodující význam proces řízení nabíjení. Moderní nabíjecí regulátory jsou vybaveny mikroprocesory, které zjišťují stav nabití akumulátoru. Kromě toho regulátory dokážou plnit i další funkce.

1.5.1 Přizpůsobení na systémové napětí

Systémové napětí je jinými slovy napětí, ve kterém se provozuje celý ostrovní systém. S tím je spojeno použití adekvátního typu akumulátoru a spotřebičů. Většina současných dobíjecích regulátorů umožňuje automatické přizpůsobení systémovému napětí a také nastavení mezních nabíjecích a vybíjecích napětí. Některé dobíjecí regulátory vyžadují nastavení manuální. Tyto regulátory umožňují libovolné uživatelské nastavení, jsou tedy použitelné pro nejrůznější variace akumulátorů, automatizované regulátory jsou limitovány programovým nastavením výrobce, uživatel pak musí spoléhat, že jsou správně naprogramovány pro daný typ akumulátoru nebo aplikace.

1.5.2 Ochranné funkce regulátoru

Implementované ochranné obvody hlídají maximální vstupní proud FVP, maximální výstupní proud do spotřebičů, napětí akumulátoru, nebo teplotu regulátoru. Regulátor odpojí spotřebič v případě, že výstupní proud převýší určitou mezní hodnotu, mj. bývá doplněn ochranou proti přepólování.

1.5.3 Indikace pracovních stavů

Díky varování systému před tím, než dojde k vybití akumulátoru, má uživatel možnost včas zareagovat a snížit odebíraný výkon. Díky tomu tak zabrání odpojení zátěže při ochraně akumulátoru před vybitím. [2]

1.6 Akumulátory

Akumulaci elektrické energie je možno realizovat několika způsoby

1.6.1 Kondenzátorové baterie

Výhodou kondenzátorových baterií je, že přináší dlouhou životnost, značnou účinnost a velmi velký vybíjecí proud. Jejich princip je založen na ukládání energie ve formě elektrostatického pole. Nevýhodou je menší množství energie, kterou pojme ve srovnání s běžně používanými elektrochemickými akumulátory podobné velikosti.

1.6.2 Elektrolýza vody

Experimentálně testovanou alternativou je akumulace energie do vodíku za pomoci elektrolýzy vody. Spojení elektrolyzéru, zásobníku vodíku a vodíkového palivového článku, ve kterém se oxidačně-redukční reakcí přeměňuje vodík zpět na elektrickou energii. Výhoda systému je, že kapacita je dána jen velikostí vodíkové nádrže a nemá nežádoucí energetické ztráty samovybitím. Vodík je však prudce výbušný, má nízkou hustotu, snáze uniká netěsnostmi a může difundovat do kovů. To klade vyšší nároky na konstrukci takového systému.

1.6.3 Přecherávání vody

Běžný způsob ukládání energie je použití přecherpávacích elektráren. Přecherávání vody z níže položené nádrže pomocí reverzní turbíny do výše položené nádrže probíhá ve stavu přebytku energie. V době nedostatku se proces obrátí a voda proudící z horní nádrže do spodní pohání turbínu, která generuje elektrickou energii.

1.6.4 Elektrochemické akumulátory

V současné době se převážně používají v ostrovních systémech elektrochemické akumulátory, které lze opakovaně nabíjet a také v kombinaci s regulátorem nabíjení, který řídí proměnlivý tok energie z FVP. V akumulátorech se elektrická energie ukládá prostřednictvím vratných chemických reakcí. Mezi jejich výhody patří dobře zvládnutá technologie výroby, použití kdekoliv a relativně nízká cena. Nevýhody jsou samovybití a citlivost na hluboké vybíjení.

Hluboké vybíjení způsobuje nevratné změny na elektrodách, a to vede ke snižování kapacity, je proto vhodné ukončit vybíjení při vyčerpání 75 až 80 % jejich kapacity. Dále poměr akumulované energie k hmotnosti akumulátoru je málo efektivní. Mezi základní parametry patří celkové svorkové napětí, mezní napětí v nabitém a vybitém stavu, kapacita, vnitřní odpor, hloubka vybití, počet cyklů a samovybití.

Velkou roli hrají hodnoty mezních napětí. Z nich vyplývá dovolený rozsah použití akumulátoru. V závislosti na typu akumulátoru se rozlišují mezní napětí. Příklad olověného akumulátoru, který je na 12 V, má udány hodnoty v nabitém a vybitém stavu, tyto hodnoty jsou však vhodné v klidovém

stavu, kdy akumulátor nevydává, ani nepřijímá žádný proud. Pro nabíjení je potřeba o něco vyšší napětí, při plném nabití by mělo napětí být o zhruba 1,2 V vyšší než napětí v nabitém stavu, po skončení nabíjení napětí akumulátoru mírně poklesne na ustálenou hodnotu nabitého stavu. Kapacitu akumulátoru ovlivňuje teplota, v důsledku pomaleji probíhajících chemických procesů je možné z něj dostat méně proudu.

Vnitřní odpor akumulátoru by měl být v ideálním případě nulový. To by znamenalo, že dokáže dodat maximální proud bez poklesu jeho svorkového napětí. Ve skutečnosti akumulátor však nemá ideální vlastnosti. V důsledku proudového odběru se vnitřní odpor zvětší a to způsobí pokles svorkového napětí.

Počet nabíjecích a vybíjecích cyklů, který akumulátor snese je mírou životnosti akumulátoru. Úplný cyklus je vybití až k vybíjecímu napětí, a částečný cyklus je odebrání pouze části kapacity. Počet částečných cyklů je značně vyšší než počet úplných cyklů. [2]

1.7 Měniče

Solární generátory poskytují stejnosměrné napětí. Většina spotřebičů však využívá napětí střídavé. Pro převod napětí na požadovanou hodnotu a frekvenci se používají měniče. U měničů rozlišujeme mezi přístroji pracující v uzavřeném solárním zařízení a těmi, které jsou přizpůsobené, aby mohli být připojeny na rozvodnou síť.

Též časový průběh výstupního napětí se může lišit, některé měniče poskytují čistou sinusovku, některé mají obdélníkový průběh výstupního napětí. Měniče s obdélníkovým průběhem napětí jsou vhodné pro televizní přijímače, elektrické nástroje, pumpy, lampy, střídavé motory a přístroje pro domácnost. Pro měřicí přístroje, zesilovače a podobné přístroje je lepší sinusový tvar.

Veřejná síť dokáže odstranit výkonové špičky, na rozdíl od měniče, které jsou spotřebiči často vytvářeny. Toto platí zejména pro spotřebiče s výrazným induktivním charakterem. Je důležité při návrhu vzít v potaz startovací proud spotřebiče, jejich startovací proud může být několikanásobný. Použitý měnič by měl mít náběhový proud alespoň 5-ti násobný ve srovnání s proudem jmenovitým.

U měničů určených k napojení na rozvodnou síť je nutná synchronizace zařízení s napětím v této síti. Princip těchto solárních systémů spočívá v tom, že pokud je nabídka větší než spotřeba, je přebytečná energie předávána do sítě. Měniče pracují na různém principu, některé vytváří sinusový tvar sériovým zapojením solárních bloků s různým napětím v binárním módu. Pulzní měniče fungují tak, že ukládají energii do kondenzátorů, výkonový stupeň z výkonových a bipolárních tranzistorů vytváří impulzy s konstantní šířkou 5 μ s, skládáním jednotlivých impulzů mohou být vytvořeny pulzy libovolné délky. Ty jsou pak dolní propustí integrovány v sinusové napětí. [9]

1.8 Zátěž

Při povodních složky integrovaného záchranného systému využívají elektrická čerpadla na čerpání vody ze sklepů. Elektrická čerpadla, která běžně používají hasiči mívají výkon do 1 kW. Jsou uvedeny dva příklady čerpadel[5]:

1.8.1 Čerpadlo Ready 8 S

Čerpadlo má max. výkon 0,75 kW, max. výtlačnou výšku 14 m a Max. průtok 300 l/min.

1.8.2 Čerpadlo Ready 8S S

Čerpadlo má max. výkon 0,90 kW, max. výtlačnou výšku 12 m a Max. průtok 400 l/min.

1.9 Elektrocentrály

Elektrocentrály jsou mobilní zařízení určené k výrobě elektrické energie. Elektrocentrály jsou určeny k napájení spotřebičů v místech, kde není rozvod elektrické sítě. Zpravidla jsou založeny na spalovacím motoru, palivem pro jejich pohon je převážně benzín nebo diesel.

1.9.1 Elektrocentrála 4 kW

4 kW EC vyrábí jednofázový a trojfázový střídavý proud o napětí 400/231 V při kmitočtu 50 Hz a činném výkonu 4kW. EC umožňuje pracovat s napětím 231 V v obou soustavách a s napětím 400 V v trojfázové soustavě. Zařízení se skládá z motoru, alternátoru a rozvaděče, tyto součástky jsou umístěny v trubkovém rámu, aby byly chráněny před poškozením.

1.9.2 Elektrocentrála 8 kW

8 kW EC vyrábí jednofázový a trojfázový střídavý proud o napětí 400/231 V při kmitočtu 50 Hz, je určena k napájení spotřebičů a nabíjení akumulátorových baterií. Slouží také k nabíjení malonapětových spotřebičů do příkonu 1000 W. EC nahrazuje v AČR EC o výkonu 6 kW a EC 7,5 kVA. Zařízení je volně stojící kapotované a je manipulovatelné pomocí jeřábu, nebo vysoko zdvižného vozíku, přepravit ji lze na libovolném podvozku. Pro paralelní chod není určená. Skládá se ze základního rámu, poháněcí vznětový motor, alternátor nízkého napětí, rozvaděče, kapotáže a příslušenství. [12]

2. NÁVRH MOBILNÍ FVE

FVE, kterou chceme navrhnout, by měla být schopna napájet elektrické čerpadlo používané hasiči. Očekáváme od ní, že bude fungovat jako ostrovní systém, bude tedy plně závislá na energii vyrobené FVP a obejde se bez rozšiřujících zdrojů. Předpokládáme zátěž, kterou bude napájet 1 kW. Při špičkovém odběru může mít až 6 kW.

Návrh nejdříve sestavíme v simulačním programu PV SOL 2021, který nám umožní vybrat komponenty a nasimulovat výsledky vybrané elektrárny. Návrh doplníme o příslušenství jako kabeláž a pojistky a rozmístíme uložení v přepravním kontejneru. Kontejner bude umístěn na podvozku vozidla a tímto bude možné elektrárnu dopravit na požadované místo. Na požadovaném místě, v blízkosti objektu, kde se bude používat čerpadlo, se elektrárna rozloží na volné ploše, kde je nejmenší zastínění okolními objekty přes den. Kabely propojí FVP se zbytkem elektrárny, která bude uschována v kontejneru.

2.1 FV Panel

Dle požadovaného výkonu byl vybrán panel **LG385Q1K-A6**. Tabulka 2.1 a 2.2 zobrazuje elektrické a mechanické vlastnosti panelu. Na obrázku 2.1 vidíme rozměry panelu. [3]

Tabulka 2.1 Elektrické vlastnosti (STC*) panelu **LG385Q1K-A6**

Parametry	Hodnota
Maximální Výkon (P _{MAX})	385 W
MPP Napětí (V _{MPP})	37,4 V
MPP Proud (I _{MPP})	10,3 A
Napětí naprázdno (V _{MPP})	43,7 V +- 5%
Proud nakrátko (I _{SC})	10,86 A +- 5%
Účinnost panelu	21,2 %
Maximální Výkon (P _{MAX})	385 W
MPP Napětí (V _{MPP})	37,4 V

Tabulka 2.2 Mechanické vlastnosti (STC*) panelu **LG385Q1K-A6**

Parametry	Hodnota
Rozměry	1740 x 1042x 40 mm
Plocha	1,81 m ²
Hmotnost	18 kg

Tabulka 2.3 Mechanická data **ABB UNO-DM-6.0-TL-PLUS**

Parametry	Hodnota
Hmotnost	20,5 kg
Rozměry (v x š x d)	418 x 553 x 180 mm
Upevňovací systém	Nástěnná konzole

Tabulka 2.4 Elektrická data **ABB UNO-DM-6.0-TL-PLUS**

Parametry	Hodnota
Maximální vstupní DC napětí	600 V
Jmenovitý DC vstupní výkon	6 200 W
Počet nezávislých MPPT	2
Maximální DC vstupní výkon pro každý MPPT	4 000 W
Maximální AC výstupní výkon ($\cos \phi = 1$)	6 000 W
Jmenovité AC výstupní napětí	230 V / 180 až 264 V
Typ AC síťového napětí	Jednofáze

2.3 Bateriový měnič

Vybrali jsme **Sunny Island 6.0H** jako bateriový měnič. Výstup ze síťového měniče se připojí na vstup bateriového měniče, z bateriového měniče je výstup na spotřebič a výstup na baterii. Ovladačem nabíjení bateriového měniče je IUoU nabíjecí metoda s automatickou indikací plného dobití a vyrovnávacím dobíjením. Tabulka 2.5 zobrazuje parametry bateriového měniče. [8]

Tabulka 2.5 Parametry bateriového měniče **Sunny Island 6.0H**

Parametry	Hodnota
Jmenovité síťové napětí na vstupu	230 V / 172,5 V až 264,5 V
Maximální vstupní výkon	11 500 W
AC výstupní výkon při 25°C po 30 min/3 sec	6 000 W / 11 000 W
Jmenovité napětí na vstupu baterie	48 V / 41 V až 63 V
Maximální nabíjecí proud/vybíjecí proud	110 A/ 103 A
Rozměry (š x v x d)	467 x 612 x 242
Hmotnost	63 kg

2.3.1 Baterie akumulátorů

Využijeme akumulátoru **10 PVV 1500** od výrobce **BAE Batterien GmbH**. Tabulka 2.6 zobrazuje elektrické a mechanické parametry akumulátoru.

Tabulka 2.6 Elektrická a mechanická data k akumulátoru **10 PVV 1500**

Parametry	Hodnota
Napětí na článek při kapacitě 1 h	1,65 V
Napětí na článek při kapacitě 240 h	1,80 V
Kapacita 240 h	1,62 Ah
Vnitřní odpor	0,27 mΩ
Startovací proud	7,63 kA
Rozměry (d x š x v)	215 x 277 x 710 mm
Hmotnost	84,6 kg
Typ akumulátoru	Olověný

[7]

2.3.2 Kabeláž

K vodivému propojení komponentů je nezbytná kabeláž.

FVP mají výstup přes konektory MC 4 od výrobce, kus 5cm kabelu je vždy určen k vzájemnému propojení sousedního panelu. Solární kabel je zakrimpován pomocí k tomu určenému nástroje. Série 9 panelů bude uložena v řadě vedle sebe, kabeláž by měla umožnit vzdálenost od kontejneru alespoň 40 m. Tato větev bude celkem 2x. Na propojení pole FVP s měničem se používají kabely dvouplášťové izolace typ PV1-F, dle EN 50618 H1Z2Z2-K. Produkt DB EN 50618 H1Z2Z2-K IEC 62930 je tedy vhodná volba k propojení MPPT vstupu měniče s jističem a s polem. Podle proudu nakrátko naddimenzujeme průřez solárního kabelu. [14]

K propojení měniče s bateriovým měničem poslouží síťový kabel pro 230 V střídavých a do výkonu min 6,93 kW, stejný kabel povede z výstupu bateriového měniče na spotřebič, proud odpovídá maximálně 31 A.

K nabíjení a vybíjení baterií poslouží kabel s napěťovým zatížením a maximálním proudem 125 A.

Přehled použité kabeláže je v tabulce 2.7:

Tabulka 2.7 Přehled použité **kabeláže**

Parametr	Hodnota
<u>Kabel A:</u>	(Kabel na propojení FVP)
Typ:	DB EN 50618 H1Z2Z2-K IEC 62930
Celková délka:	161 m
Průřez:	4 mm ²
<u>Kabel B:</u>	(Kabel na připojení baterie)
Typ:	CYKY-J 3 X 35+25
Celková délka:	35 m
Průřez:	35 mm ²
<u>Kabel C:</u>	(Kabel na připojení výstupu měničů)
Typ:	CYKY-J 4 X 6
Celková délka:	3 m
Průřez:	6 mm ²

[13][14][19]

2.3.3 Jističe

Pro ochranu vodičů a spotřebičů proti nadproudu jsou použity jističe. Jističe se zavádí na kladný i záporný pól stringu, na vstup baterie akumulátorů a na výstup na spotřebič. Měníč na vstupu FVP disponuje přepětovou ochranou na vstupu, dále nadproudovou ochranou výstupu a ochranou proti otočení polarity. Jističe budou umístěny na DIN liště vlevo vedle měniče.

Na string se dimenzují jističe podle zkratového proudu. Na vstup baterií se dimenzují podle maximálního nabíjecího proudu. Musí však odpovídat i kabeláži. Na výstup bateriového měniče postačí 32A. Na bateriový vodič je třeba pojistka odpovídající použitému kabelu. Přehled použitých jističů v tabulce 2.8. [18]

Tabulka 2.8 Přehled použitých jističů

Parametr	Hodnota
Jistič G:	(jističe na stringu FVP)
Typ:	1p B 16A 6kA MBS116-QC-bezšroubový
Počet kusů:	4
Jistič H:	(jistič bateriového okruhu)
Typ:	1p C 125A 20kA PLHT
Počet kusů:	1
Jistič I:	(jistič na výstupu bateriového měniče)
Typ:	1p C 32A 10kA PL7
Počet kusů:	1

2.4 Převážné vozidlo a kontejner

Celá elektrárna bude složena do kontejneru **ISO 1C**, který je běžně používán armádou pro přepravu vybavení na podvozku **Tatry 815 6x6**. Tabulka 2.9 a 2.10 popisují data a na obrázku 2.2 a 2.3 vidíme příklad Tatry a přepravního kontejneru.

Tabulka 2.9 Mechanická data **Tatry 815 6x6**

Parametr	Hodnota
Max celková hmotnost vozidla	29 000 kg
Užitečné zatížení	15 900 kg
Rozvor	4 090 + 1,450 mm
Nástavba	Držáky pro kontejner ISO 1C

Tabulka 2.10 Mechanická data kontejneru **ISO 1C**

Parametr	Hodnota
Vnější rozměry:	
Výška	2 438 m
Délka	6 058 m
Šířka	2 438 m
Vnitřní rozměry:	
Výška	2 197 m
Délka	5 867 m
Šířka	2 330 m



Obrázek 2.2 *Nosič kontejnerů a kontejnerových plošin **TATRA T 815 6x6***



Obrázek 2.3 Kontejner *ISO 1C*

[4][10]

2.5 Uložení komponentů v kontejneru ISO 1C

Součástky budou umístěny pro přepravu v kontejneru. Jejich rozmístění znázorňuje příloha B.1. Po přijetí na místo určení jsou panely vytaženy společně s držáky a příslušnou kabeláží, zbytek komponent, tzn. od stringových jističů, se zapojuje pouze jednou při sestavování elektrárny a v tomto stavu je lze přemísťovat.

Komponenty budou připevněny montážními systémy, jističe a měniče budou připevněny na DIN lištách. FVP a akumulátory budou upevněny konzolemi a podpěrami zabráňující jejich pohyb. Na výstup bateriového měniče je připojena vidlicová zásuvka. [17][20][21]

2.6 Rozložení pole FVP na volné ploše

Panely jsou po vytažení z kontejneru umístěny na volnou plochu a jejich instalace odpovídá co nejlépe podmínkám v simulaci dle možností umístění volné plochy. Připevněny jsou na montážní držáky, které jsou univerzální a jsou určeny k montáži na rovnou střechu, což je odpovídající montáži na volnou plochu. Podmínky v simulaci jsou následující: orientace panelů na jih, žádné zdroje zastínění panelů a úhel sklonu 30°.

Montážní sada obsahuje kromě konstrukčních tyčí také šrouby pro přichycení. Šrouby se umísťují ve třech místech, pomocí dvou se nastavuje úhel sklonu, pro každý panel jsou 2 nezávislé podpěry, takže vzdálenost mezi nimi není limitována. Na obrázku 2.4 vidíme použití držáku s ilustračním panelem. [15]

Pomocí krimpovacích kleští dojde k propojení solárního kabelu s konektory MC 4. [13]



Obrázek 2.4 Držák solárních panelů trojúhelníkové, sada 2ks pro 1 panel

2.7 Shrnutí

Byla navržena mobilní fotovoltaickou elektrárna, včetně bateriového uložení, která se složí do kontejneru ISO 1C, který je vhodný pro přepravu na podvozku Tatry T815 6x6. Kontejner je přepraven na místo určení, kde se FVP vytáhnou z kontejneru a pomocí konstrukční sady se nainstalují na volnou plochu. Pomocí kabelu jsou připojeny ke zbytku elektrárny umístěné v kontejneru.

Protokol ze simulace, výkresová dokumentace a kusovník je součástí přílohy. Výkresová dokumentace se skládá z umístění základních komponent, umístění montážních prvků a příslušenství a schéma zapojení. Jako legenda k výkresové dokumentaci slouží kusovník. Součástí externí přílohy je soubor dokumentací k jednotlivým komponentům a příslušenstvím. Základní údaje k elektrárně jsou shrnuty v Tabulce 2.11.

Tabulka 2.11 Základní data k FV elektrárně

Parametr	Hodnota
Instalovaný výkon	6,93 kWp
Využitelná FV energie za rok	3 151 kWh
Kapacita baterie	100,3 kWh
Špičkový výstupní výkon	6 kW
Počet panelů	18
Počet akumulátorů	42
Počet stringů	2
Počet panelů v sérii	9
Plocha rozložených FV modulů	32,6 m ²
Vzdálenost modulů od kontejneru	40 m
Doba běhu za jeden den	7 h
Hmotnost celé sestavy	min. 4 300 kg

3. ZÁVĚR

Byla navržena FVE, která je složena na podvozku Tatry 815 6x6, výkon celé konstrukce fotovoltaických panelů s velkou rezervou pokryje spotřebu jednoho čerpadla. Zatímco čerpadlo odebírá méně než 1 kW, elektrárna poskytuje maximální výkon 6,93 kW. Přebytková energie se ukládá do baterií. Ty mají něco málo přes 100 kWh. Ve slunných dnech je vyrobena energie do zásoby, kterou lze čerpat, v noci, nebo ve dnech se zataženou oblohou. Tzn., že je využit potenciál slunných letních dní, s tím, že není třeba připojovat více čerpadel, aby vyrobená energie nepřišla vniveč. Je třeba počítat se ztrátami na jednotlivých zařízeních, se stárnutím komponentů a s tím související zhoršení parametrů.

Naše elektrárna sestává z 18 panelů, jednoho měniče, jednoho bateriového měniče a sadou akumulátorů. Kromě základních komponentů jsou v práci též navrženy kabely, jističe a montážní prvky pro připevnění součástek. Celá elektrárna je složena v kontejneru ISO 1C, který se běžně používá pro přepravu vybavení na podvozku Tatry 815 jak Armádou české republiky tak Hasičským záchranným sborem. Po přivezení elektrárny na místo určení, jsou panely instalovány na volnou plochu. Kabeláž je připojena do stringových jističů a je třeba také panely propojit vzájemně. Zbytek součástek zůstává při rozložení elektrárny na svém místě.

Elektrárna byla simulována za podmínek celoročního provozu, tzn. že je schopna vyrobit dostatečnou energii i v ročním období s nejkratšími dny. Denní provoz čerpadla odpovídá 7 h, v letních měsících, kdy je delší den, vyšší úhrn výkonu slunečního záření za jeden den a vyšší teplota, pak dovolí běžet čerpadlu mnohem déle. Kapacita akumulátorů je naddimenzována hodnotě, kterou elektrárna vyrobí za jeden den. Díky tomu může napájet čerpadlo i několik hodin po západu slunce.

LITERATURA

- [1] KLÍČ, Tomáš. Mobilní fotovoltaická elektrárna. Brno, 2018. Diplomová práce. Vysoké učení technické. Vedoucí práce Doc. Ing. Petr Baxant Ph.D.
https://dspace.vutbr.cz/xmlui/bitstream/handle/11012/80856/DP_Tomas_Klic.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- [2] KRČKA, Pavel. Fotovoltaické dobíjecí regulátory v ostrovních systémech. Brno, 2018. Diplomová práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Vedoucí práce Prof. RNDr. Petr Špatenka, CSc.
- [3] Solární panel LG385Q1K-A6: polysolární panel. Solaris shop [online]. [cit. 2020-12-13]. Dostupné z: <https://www.lg.com/us/business/neon%C2%AE-r/lg-lg385q1k-a6#>
- [4] *Nosič kontejnerů a kontejnerových plošin TATRA T815 6x6* [online]. web [cit. 2021-5-23]. Dostupné z: <https://www.acr.army.cz/technika-a-vyzbroj/poz/zab/nosic-kontejneru-a-kontejnerovych-plostin-tatra-t815-6x6-211981/>
- [5] POLOPRUTSKÝ, Bc. Lukáš. *Vybavenost vybraných jednotek požární ochrany z Libereckého kraje přenosnými čerpadly a možnosti jejich modernizace*. České Budějovice, 2014. Diplomová práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Vedoucí práce Doc. RNDr. Přemysl Záškodný, CSc.
- [6] *ABB UNO-DM-6.0-TL-PLUS* [online]. WEB [cit. 2021-5-23]. Dostupné z: <https://www.europe-solarstore.com/abb-uno-dm-6-0-tl-plus.html>
- [7] *BAE SECURA PVV BLOCK* [online]. WEB [cit. 2021-5-23]. Dostupné z: https://www.sol-luz-ion.de/Produkte/Solar-Batterien/Blei-Batterien/BAE/Blei-Gel-OPzV/BAE-9-PVV-1350--6x2V--gel-batterie.html?language=en&products_qty=1
- [8] *SUNNY ISLAND SI 6.0* [online]. WEB [cit. 2021-5-23]. Dostupné z: https://shop.iftech.cz/jolisearch?category_id=&orderby=position&orderway=desc&search_query=Sol%C3%A1rn%C3%AD+m%C4%9Bni%C4%8D+SMA+SUNNY+ISLAND+SI+6.0+H-13&submit_search=
- [9] KARAMANOLIS, Stratis. *Sluneční energie: Východisko z ekologicko-energetické krize*. Praha: Sdružení MAC, s.r.o, 1996. ISBN 80-86015-02-5.
- [10] *Kontejner ISO 1C skladový* [online]. web: cvut [cit. 2021-5-23]. Dostupné z: https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/66418/F6-DP-2016-Hruskova-Katerina-priloha-7_KTN.pdf?sequence=7&isAllowed=y
- [11] *Způsob plnění kontejneru ISO 1C, ICC* [online]. web: cvut [cit. 2021-5-23]. Dostupné z: <https://www.dynamicpro.cz/zpusob-plneni-kontejneru-iso-1c-1cc/>
- [12] DOSTÁL, čet. Jan. *Využití alternativních zdrojů energií v armádě české republiky*. 2020. Bakalářská práce. Univerzita obrany. Vedoucí práce Pplk. doc Ing. Tomáš Binar, Ph.D.
- [13] *Sada konektorů pro solární panely* [online]. WEB [cit. 2021-5-23]. Dostupné z: <https://www.gme.cz/sada-konektoru-pro-solarni-panely-mc4-m-f>
- [14] *Solar cable DB EN 50618 H1Z2Z2-K IEC 62930* [online]. WEB [cit. 2021-5-23]. Dostupné z: <https://www.kbe-elektrotechnik.com/en/products/solar-cables/kbe-solar-db-en-50618-h1z2z2-k/>
- [15] Držáky solárního panelu. *Abctech* [web]. online [cit. 2021-6-6]. Dostupné z: <https://www.abctech.cz/default.asp?cls=stoitem&stiid=37482>
- [16] Nejpoužívanější pojmy ve fotovoltaice. *Oze.tzb-info* [web]. online [cit. 2021-6-6]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/11772-nejpouzivanejsi-pojmy-ve-fotovoltaice>

- [17] Lišta DIN 35x75. *Sonepar* [web]. online [cit. 2021-6-6]. Dostupné z:
<https://www.sonepar.cz/lista-pristrojova-din-35x-75-derovana-1m-eleman>
- [18] Jistic-1p-b-16a-6ka-mbs116. *Sonepar* [web]. online [cit. 2021-6-6]. Dostupné z:
<https://www.sonepar.cz/jistic-1p-b-16a-6ka-mbs116-qc-bezsroubouvy>
- [19] Cyky j 3 x 35 - 25. *Emas* [web]. online [cit. 2021-6-6]. Dostupné z:
<https://www.emas.cz/cyky-j-3-x-35-25>
- [20] Konzole policová 200x250 hnědá. *Domstav* [web]. online [cit. 2021-6-6]. Dostupné z:
<https://www.domstav.cz/konzole-policova-200x250-hneda/>
- [21] Lišta nástěnná jednoduchá 2 m. *Domstav* [web]. online [cit. 2021-6-6]. Dostupné z:
<https://www.domstav.cz/lista-nastenna-jednoducha-2000mm-bila/>

SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratky:

FVE	Fotovoltaická elektrárna
FVP	Fotovoltaické panely
FVČ	Fotovoltaický článek
MPP	Maximum Power Point
MPPT	Maximum power point tracking
IZS	Integrovaný záchranný systém
EC	Elektrocentrála
AČR	Armáda České republiky

Symbols:

U_{oc}	Napětí FVP naprázdno	[V]
I_{sc}	Proud FVP nakrátko	[A]
U_{MPP}	Napětí v bodě maximálního výkonu FVP	[V]
I_{MPP}	Proud v bodě maximálního výkonu FVP	[A]
Z	Součinitel znečištění	[-]
A	Plocha	[m ⁻¹]
I_{PN}	Přímé záření dopadající na obecnou plochu	[W/m ²]
I_P	Přímé záření dopadající kolmo na plochu	[W/m ²]
FF	Činitel plnění	[-]
η	Účinnost	[-]
l_2	Délka konstrukce ve rozloženém stavu	[m]
l_1	Délka konstrukce ve složeném stavu	[m]
w	Šířka konstrukce	[m]
h	Výška konstrukce	[m]
$I_{INPUT.MAX}$	Vstupní proud do regulátoru	[A]
t_{CHARGE}	Nabíjecí čas baterie	[t]
t_{RUN}	Vybíjecí čas baterie	[t]

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA A - SIMULACE	34
PŘÍLOHA B - VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE	48
PŘÍLOHA C - KUSOVNÍK	51

.

Příloha A - Simulace

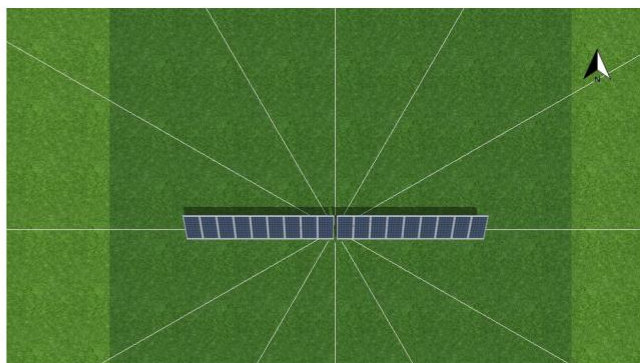
A.1 Protokol ze simulace

Zákaznické číslo: 1
Název projektu: FVE pro IZS
Nabídka číslo: 1

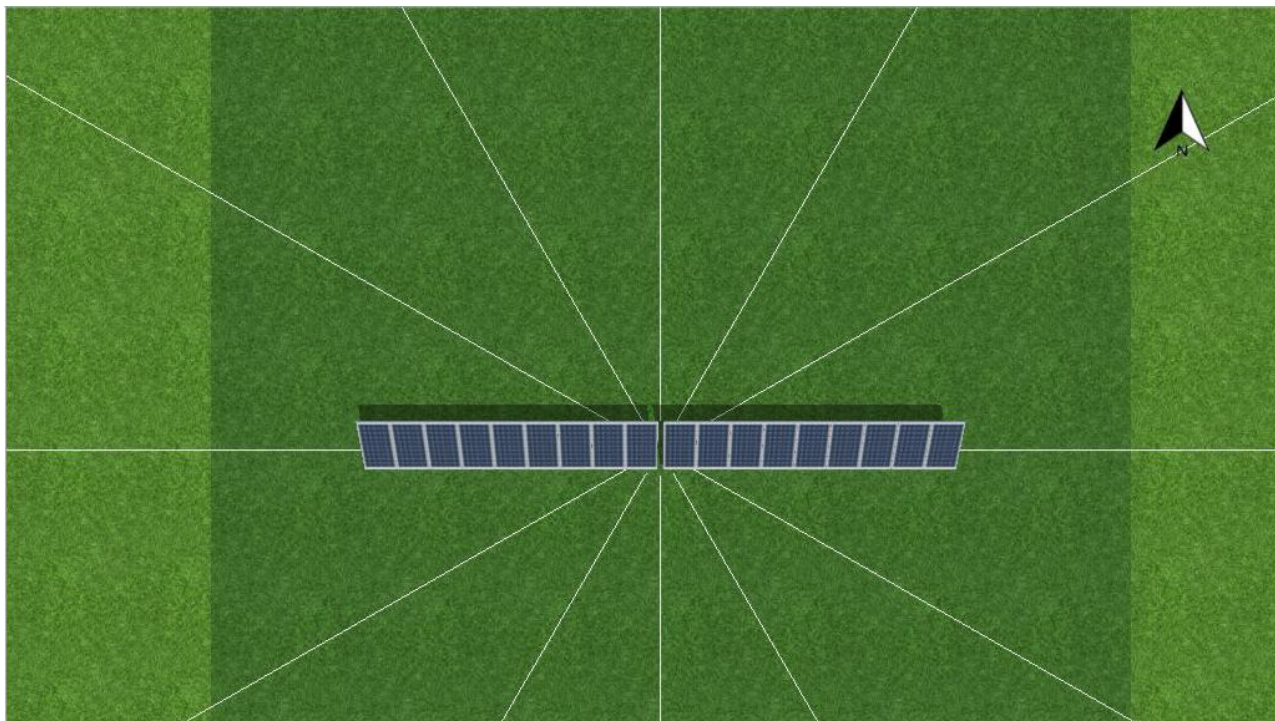
01.05.2021

Váš FV systém

Adresa instalace



Přehled projektu



Obrázek: Obrazový přehled, 3D design

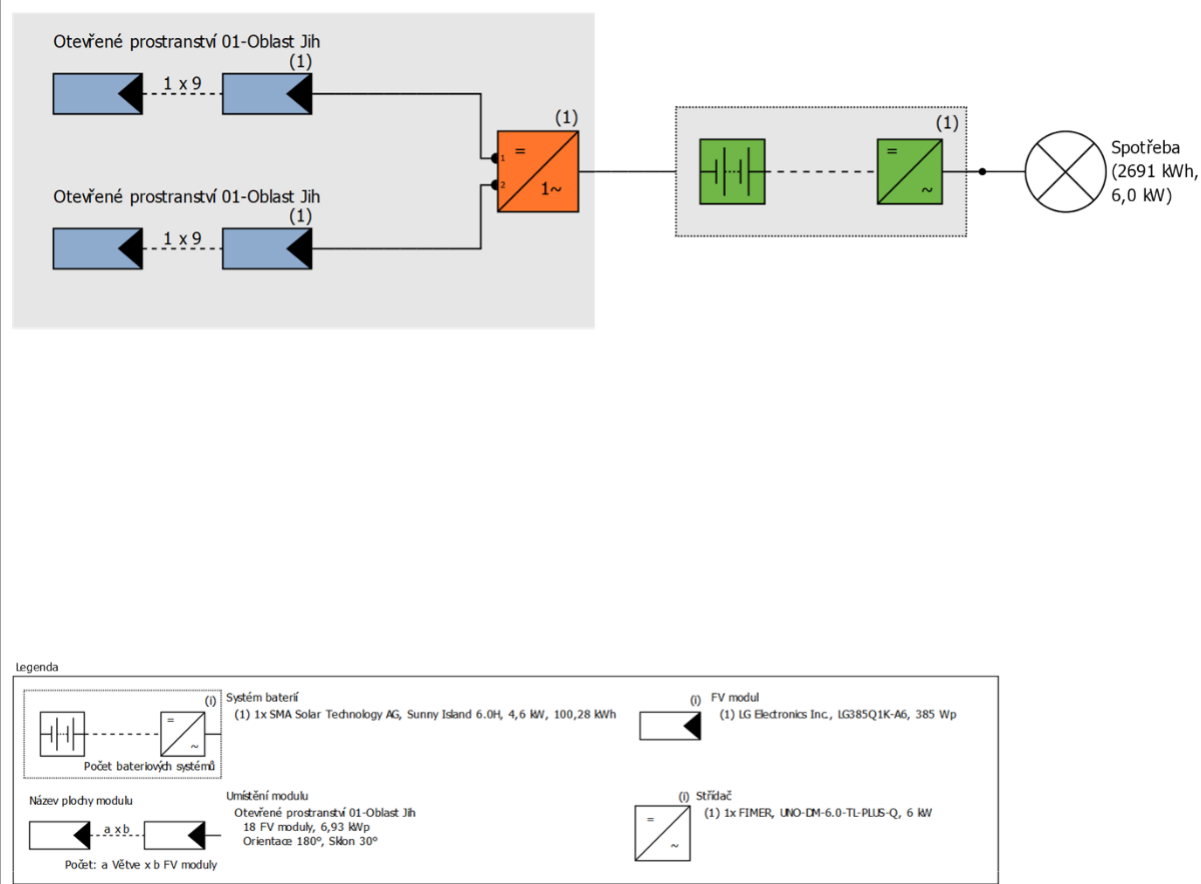
FV zařízení

3D, ostrovní FV systém

Klimatická data	Praha, CZE (1991 - 2010)
Instalovaný výkon	6,93 kWp
Plocha FV modulů	32,6 m ²
Počet FV modulů	18
Počet měničů	1
Počet měničů baterie	1
Počet baterií	46

FVE pro IZS

Číslo nabídky: 1



Obrázek: Schéma zapojení

Roční výnos

Roční výnos

Maximální možná FV energie	7 377 kWh
Využitelná FV energie	3 151 kWh
Krytí spotřeby	2 041 kWh
Přetoky do sítě	1 110 kWh
Podíl pokrytí solární energií	100,0 %
Spec. Roční výnos	1 063,42 kWh/kWp
Stupeň využití zařízení (PR)	89,2 %
Snížení výnosu zastíněním	0,0 %/Rok

Výsledky byly zjištěny matematickým modelovým výpočtem firmy Valentin Software GmbH (algoritmy PV*SOL). Skutečné výnosy solární elektrárny se mohou lišit z důvodu výkyvů počasí, stupně účinnosti modulů a měničů a také jiných faktorů.

Konstrukce zařízení

Přehled

Data zařízení

Druh zařízení	3D, ostrovní FV systém
Začátek provozu	01.01.2020

Klimatická data

Lokalita	Praha, CZE (1991 - 2010)
Rešení dat	1 min
Použité simulační modely:	
- Difúzní záření na vodorovné rovině	Hofmann
- Ozařování na skloněnou plochu	Hay & Davies

Spotřeba

Čerpadlo	2691 kWh
Špičkové zatížení	6 kW

FVE pro IZS

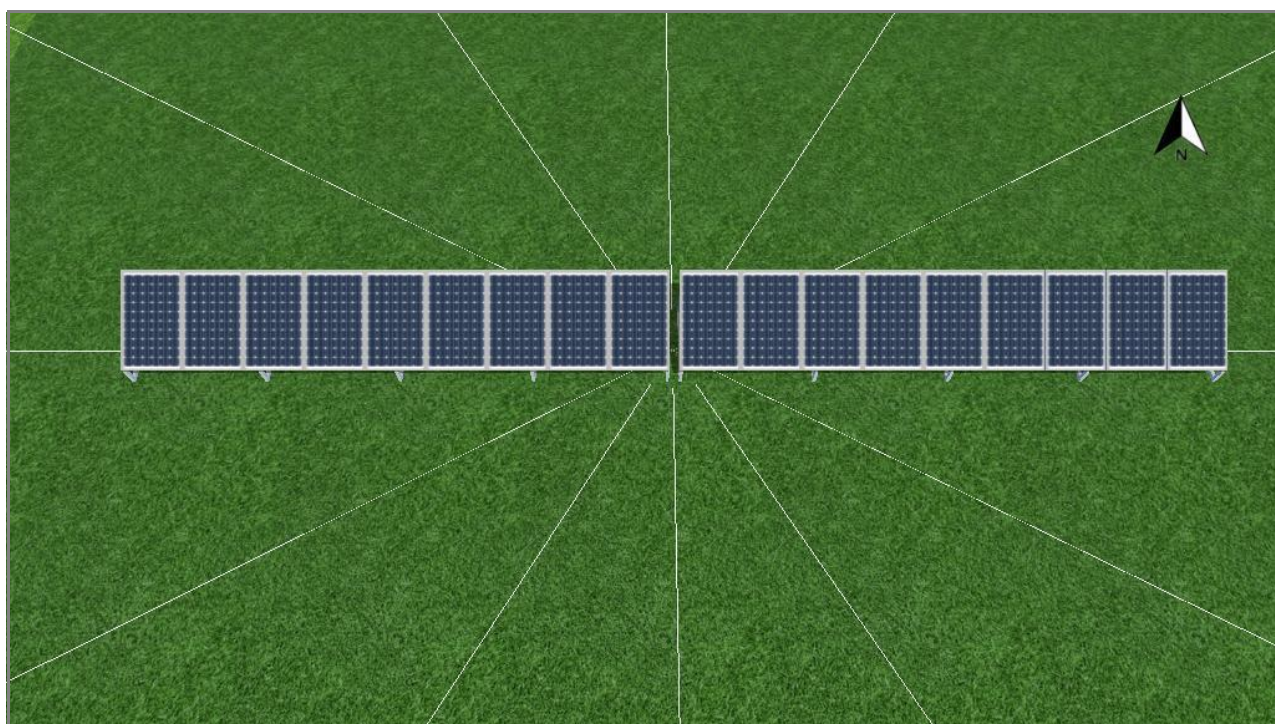
Číslo nabídky: 1

Plochy modulů

1. Umístění modulu - Otevřené prostranství 01-Oblast Jih

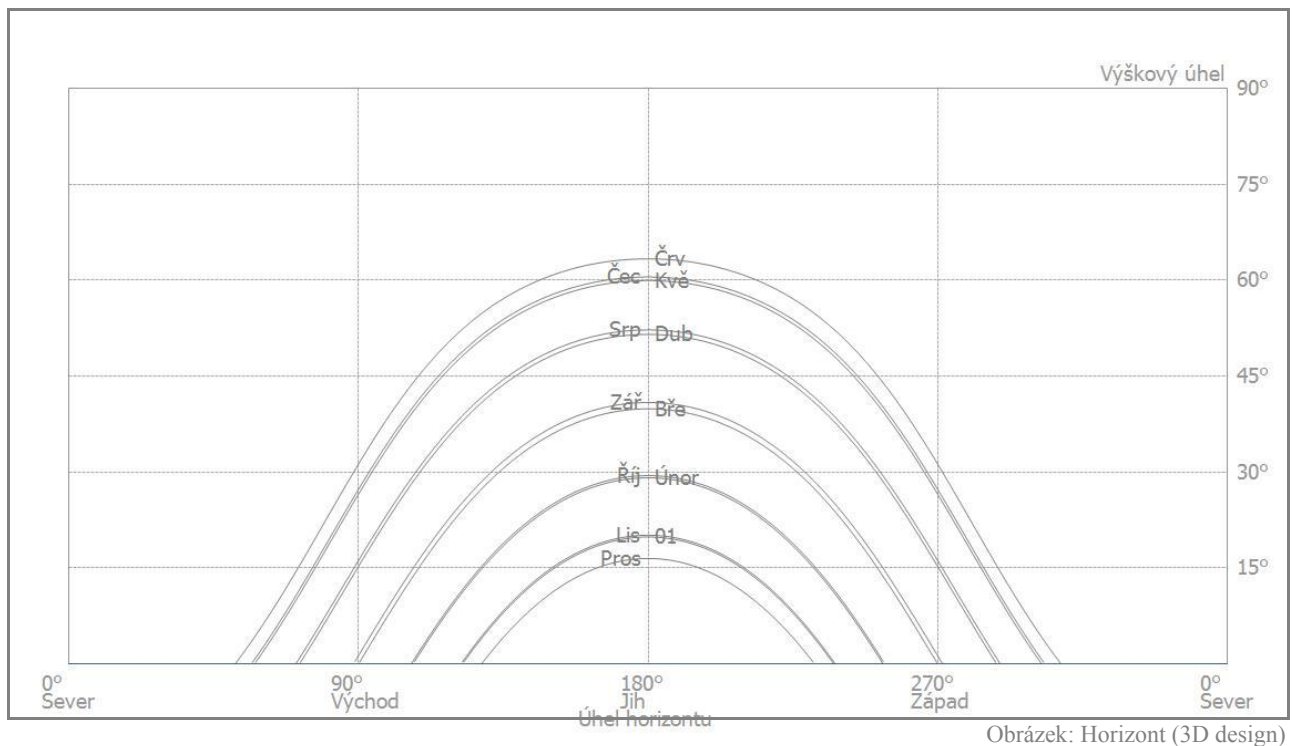
FV generátor, 1. Umístění modulu - Otevřené prostranství 01-Oblast Jih

Jméno	Otevřené prostranství 01-Oblast Jih
FV moduly	18 x LG385Q1K-A6 (v1)
Výrobce	LG Electronics Inc.
Sklon	30 °
Orientace	Jih 180 °
Situace při vestavbě	Montáž na stojanech na volné ploše
Plocha FV modulů	32,6 m ²



Obrázek: 1. Umístění modulu - Otevřené prostranství 01-Oblast Jih

Linie horizontu, 3D design



Konfigurace měniče

Propojení stringů 1

Umístění modulu	Otevřené prostranství 01-Oblast Jih
Střídač 1	
Model	UNO-DM-6.0-TL-PLUS-Q (v1)
Výrobce	FIMER
Počet	1
Faktor dimenzování střídače	115,5 %
Propojení stringů	MPP 1: 1 x 9
	MPP 2: 1 x 9

AC síť

AC síť

Počet fází	1
Síťové napětí (jednofázové)	230 V
Účinník (cos phi)	+/- 1

FVE pro IZS

Měníč baterie a Baterie		
Celkový výkon		6 kW
Celková kapacita baterie		100,3 kWh
Doba autonomie		10,9 Dny
Klastr 1		
Výkon		6 kW
Měníč baterie		
Model	Sunny Island 6.0H (v1)	
Výrobce	SMA Solar Technology AG	
Počet	1	
Baterie		
Model	9 PVV 1350 (v2)	
Výrobce	BAE Batterien GmbH	
Počet	46 (23 x 2)	
Typ akumulátoru	Olověný akumulátor - uzavřený (Gel)	

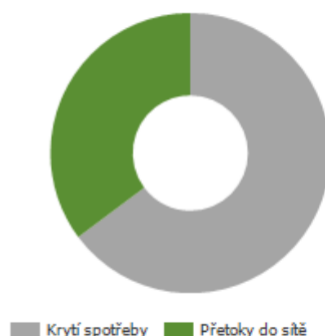
Výsledky simulace

Výsledky Celkové zařízení

FV zařízení

Instalovaný výkon	6,9 kWp
Spec. Roční výnos	1 063,42 kWh/kWp
Stupeň využití zařízení (PR)	89,2 %
Snížení výnosu zastíněním	0,0 %/Rok
Maximální možná FV energie	7 377 kWh/Rok
Využitelná FV energie	3 151 kWh/Rok
Krytí spotřeby	2 041 kWh/Rok
Přetoky do sítě	1 110 kWh/Rok

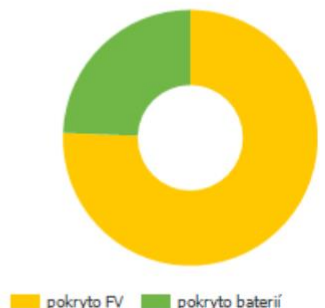
Využitelná FV energie



Celková spotřeba

Spotřeba	2 691 kWh/Rok
Spotřeba se zmenšením zátěže	2 691 kWh/Rok
Spotřeba v provozní pohotovosti (Střídač)	8 kWh/Rok
Ztráty v kabelech	0 kWh/Rok
Celková spotřeba, včetně vlastní spotřeby	2 699 kWh/Rok
pokryto FV	2 041 kWh/Rok
pokryto baterií	658 kWh/Rok
Podíl pokrytí solární energií	100,0 %

Celková spotřeba, včetně vlastní spotřeby

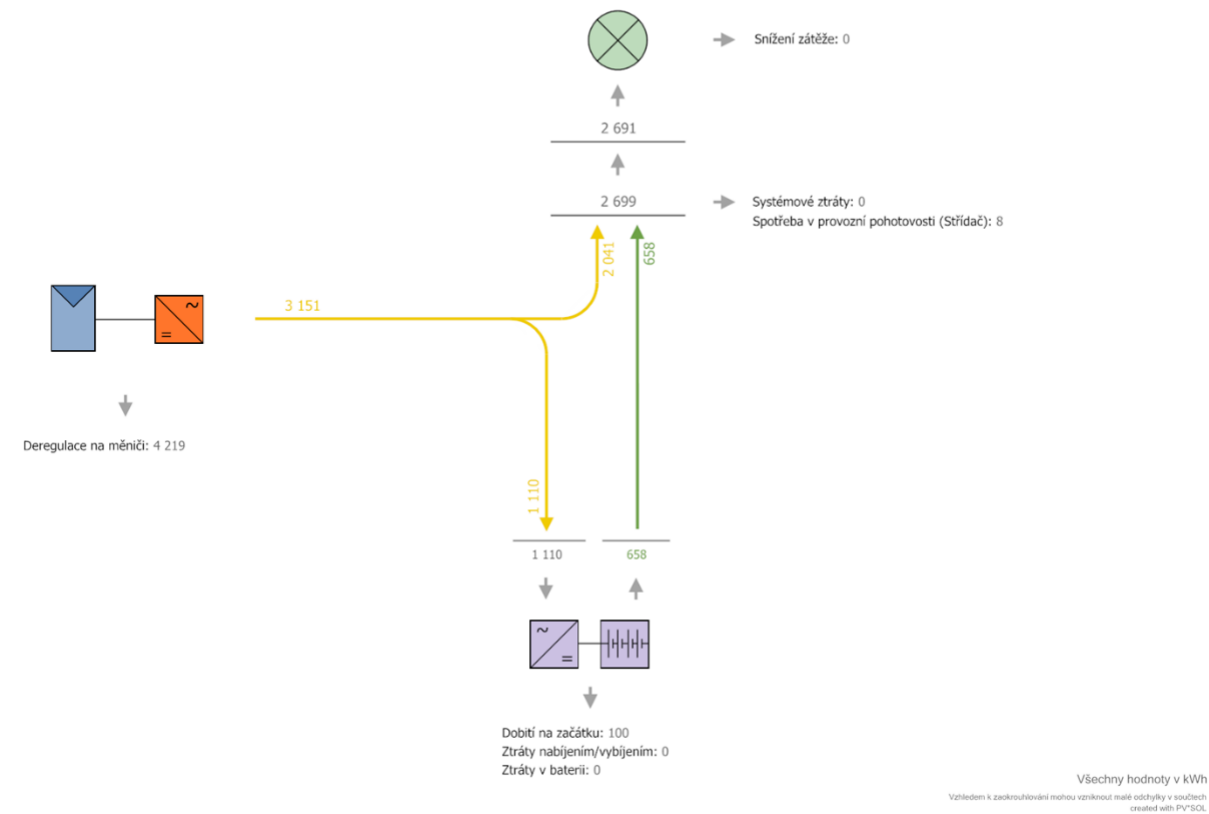


Systém baterií

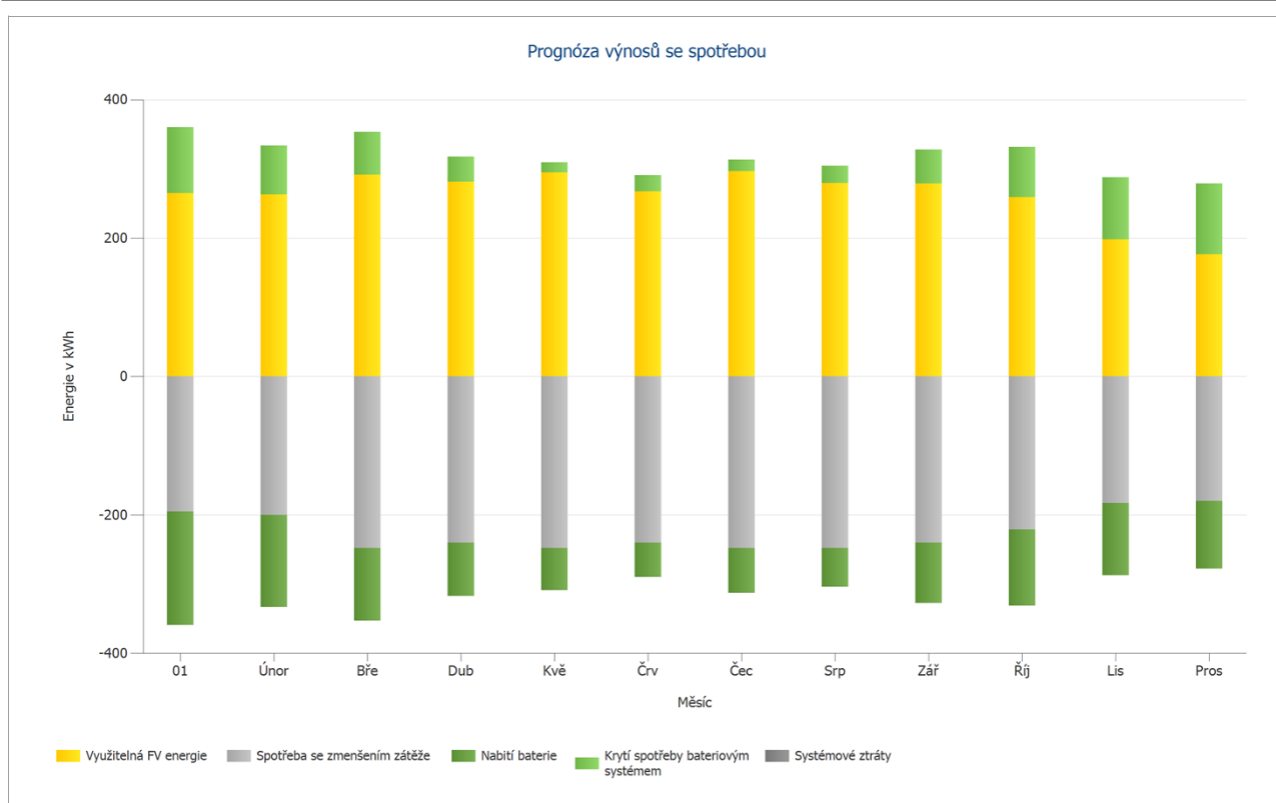
Nabití baterie	1 110 kWh/Rok
Krytí spotřeby bateriovým systémem	658 kWh/Rok
Ztráty nabíjením/vybíjením	0 kWh/Rok
Ztráty v baterii	0 kWh/Rok
Cyklické zatížení 1	3,0 %
Životnost 1	>12 Roky
Celkové zařízení	
Stupeň účinnosti systému	36,5 %
Snížení emisí CO ₂	1 265 kg/rok

Tok energie grafika

Projekt: FVE pro IZS



Obrázek: Tok energie grafika



Obrázek: Prognóza výnosů se spotřebou

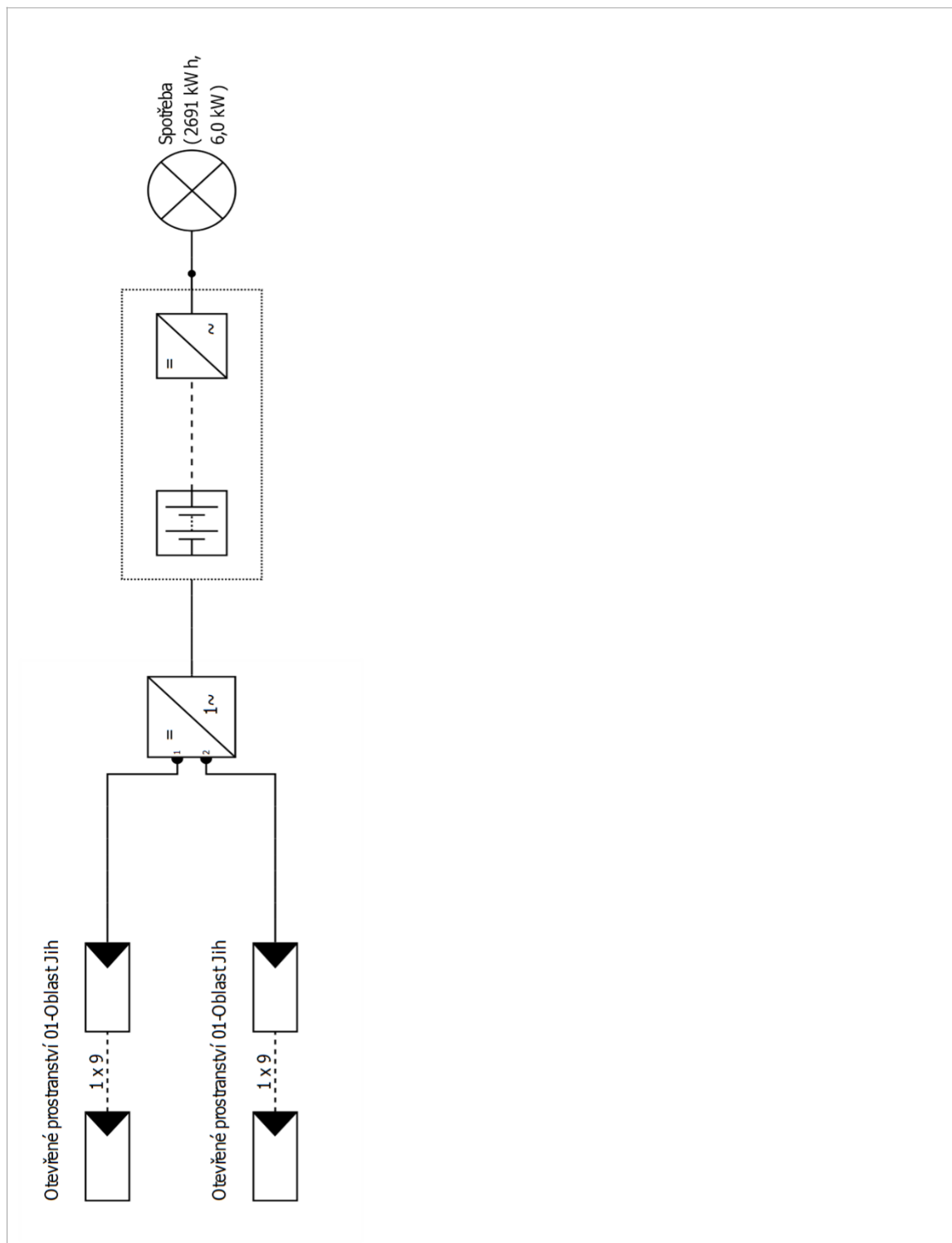
Energetická bilance FV zařízení

Energetická bilance FV zařízení

Globální záření horizontální	1 054,90 kWh/m²	
Odchylka od standardního spektra	-10,55 kWh/m ²	-1,00 %
Odraz od země (albedo)	13,99 kWh/m ²	1,34 %
Vyrovnání a sklon úrovně modulu	133,09 kWh/m ²	12,58 %
Odstínění podle modulu	0,00 kWh/m ²	0,00 %
Odraz na povrchu modulu	-5,61 kWh/m ²	-0,47 %
Globální záření na modul	1 185,82 kWh/m²	
	1 185,82 kWh/m ²	
	x 32,635 m ²	
	38 699,69 kWh	
FV globální záření	38 699,69 kWh	
Znečištění	0,00 kWh	0,00 %
STC konverze (stupeň jmenovitého výkonu modulu 21,25 %)	-30 kWh	-78,75 %
	477,27	
FV jmenovitá energie	8 222,41 kWh	
Odstínění dílů specifické pro modul	0,00 kWh	0,00 %
Chování ve slabém světle	-187,19 kWh	-2,28 %
Odchylka od jmenovité teploty modulu	-78,40 kWh	-0,98 %
Diody	0,00 kWh	0,00 %
Nesrovnalost (údaje výrobce)	-159,14 kWh	-2,00 %
Nesrovnalost (zapojení/odstínění)	0,00 kWh	0,00 %
FV energie (DC) bez sestupné regulace měničem	7 797,69 kWh	
Pokles pod výchozí výkon DC	-0,27 kWh	0,00 %
Sestupná regulace z důvodu napětového rozsahu MPP	0,00 kWh	0,00 %
Sestupná regulace z důvodu max. DC proudu	0,00 kWh	0,00 %
Sestupná regulace z důvodu max. DC výkonu	0,00 kWh	0,00 %
Sestupná regulace z důvodu max. AC výkonu/cos phi	-94,67 kWh	-1,21 %
Přizpůsobení MPP	-42,84 kWh	-0,56 %
FV energie (DC)	7 659,91 kWh	
Energie na vstupu WR	7 659,91 kWh	
Odchylka vstupního od jmenovitého napětí	-6,20 kWh	-0,08 %
DC/AC převod	-275,08 kWh	-3,59 %
Spotřeba v provozní pohotovosti (Střídač)	-8,36 kWh	-0,11 %
Ztráty v kabelech celkem	-0,74 kWh	-0,01 %
FV energie (AC) bez pohotovostní spotřeby	7 369,53 kWh	
Energetický výnos FVS (AC síť)	7 377,89 kWh	

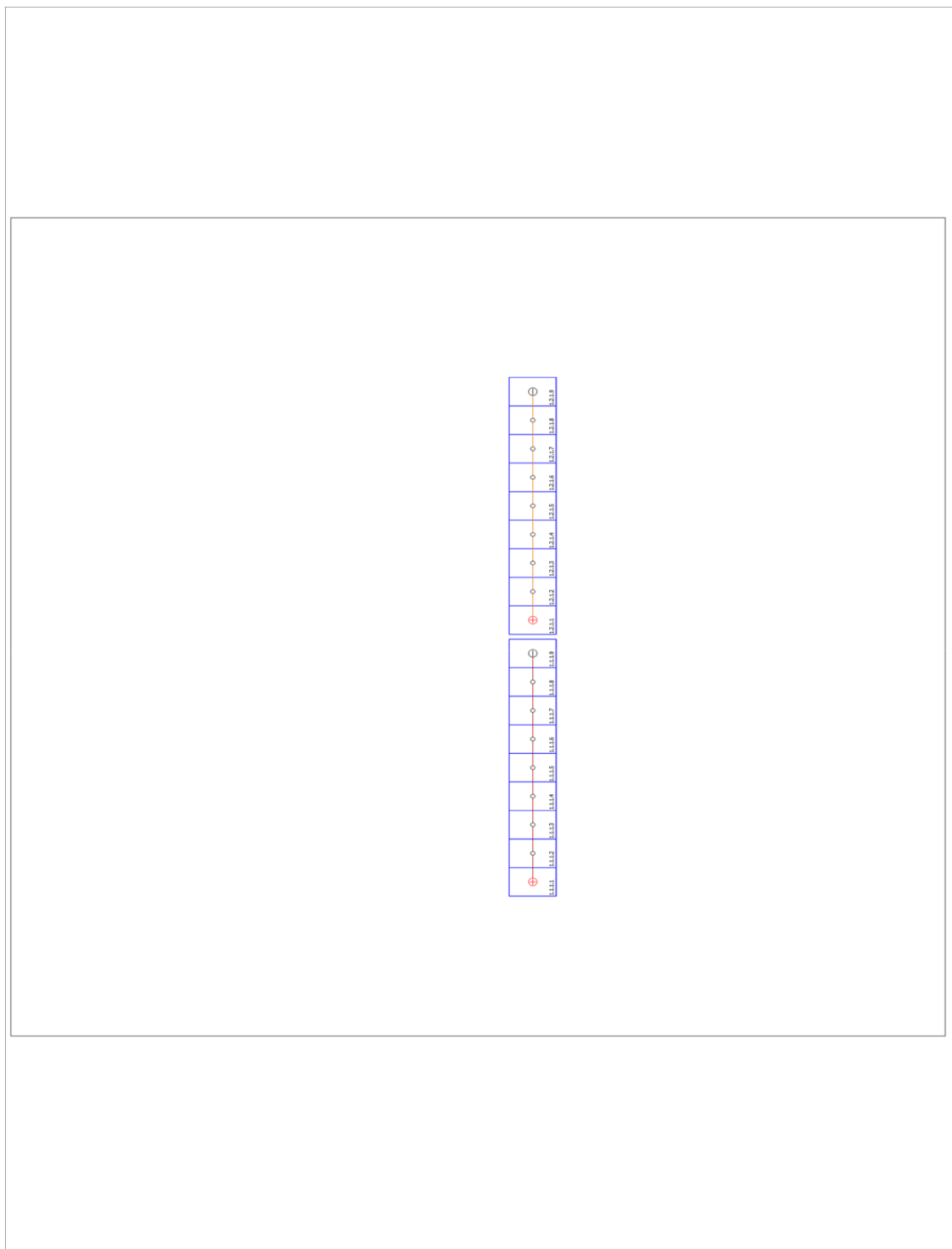
Výkresy a kusovníky

Schéma elektrického zapojení



Obrázek: Schéma elektrického zapojení

Výkres propojení do série



Obrázek: Otevřené prostranství 01-Oblast Jih

FVE pro IZS

Číslo nabídky: 1

Kusovník

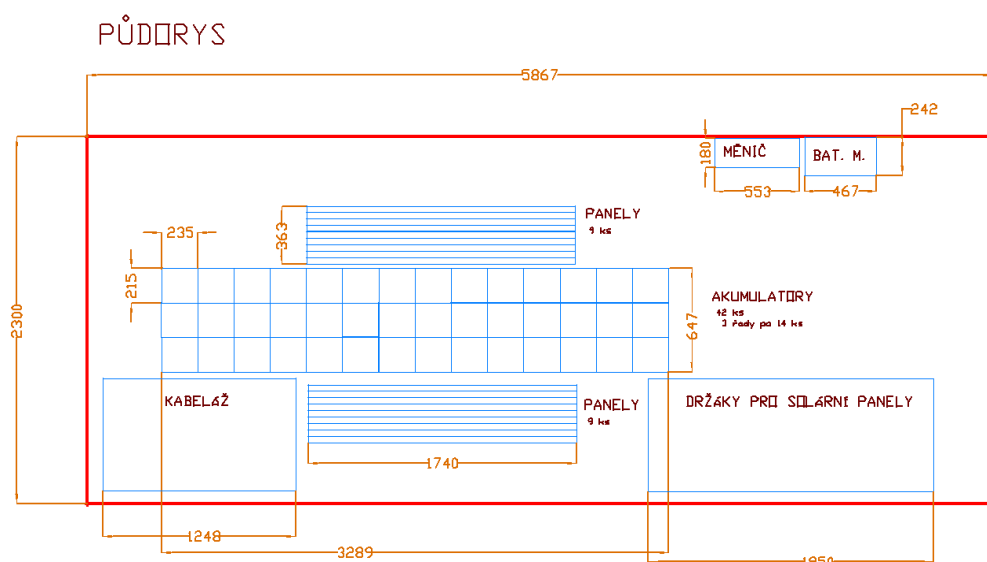
Kusovník

#	Typ	Výrobce	Jméno	Počet
1	FV modul	LG Electronics Inc.	LG385Q1K-A6	18 ks
2	Střídač	FIMER	UNO-DM-6.0-TL-PLUS-Q	1 ks
3	Měnič baterie	SMA Solar Technology AG	Sunny Island 6.0H	1 ks
4	Baterie	BAE Batterien GmbH	9 PVV 1350	46 ks

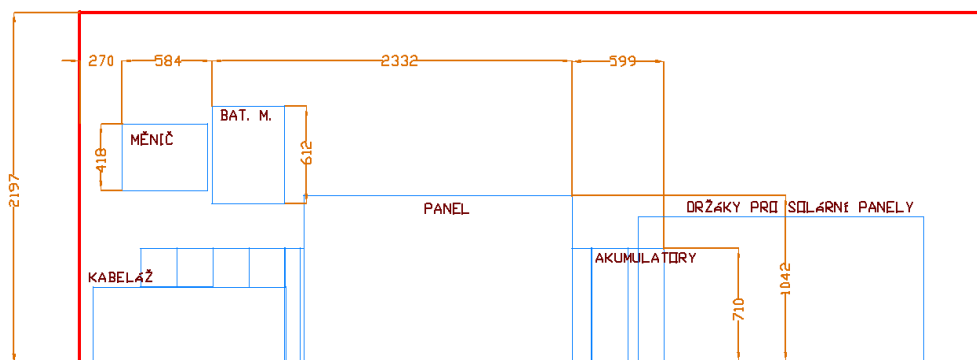


Příloha B - Výkresová dokumentace

B.1 Uložení základních komponentů



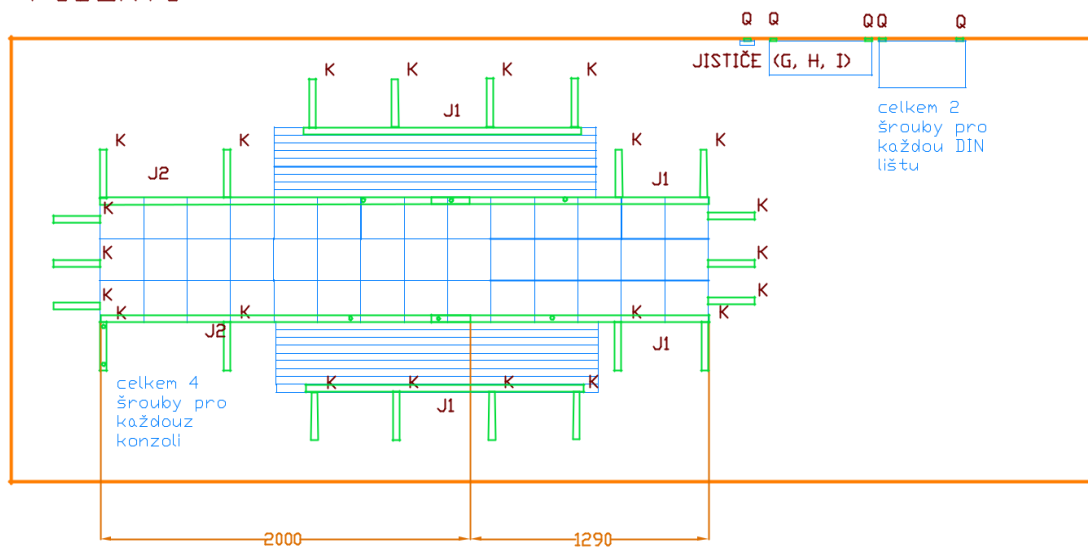
POHLED Z BOKU



Uložení v Kontejneru ISO 1C
Použité jednotky mm

B.2 Uložení montážních prvků a příslušenství

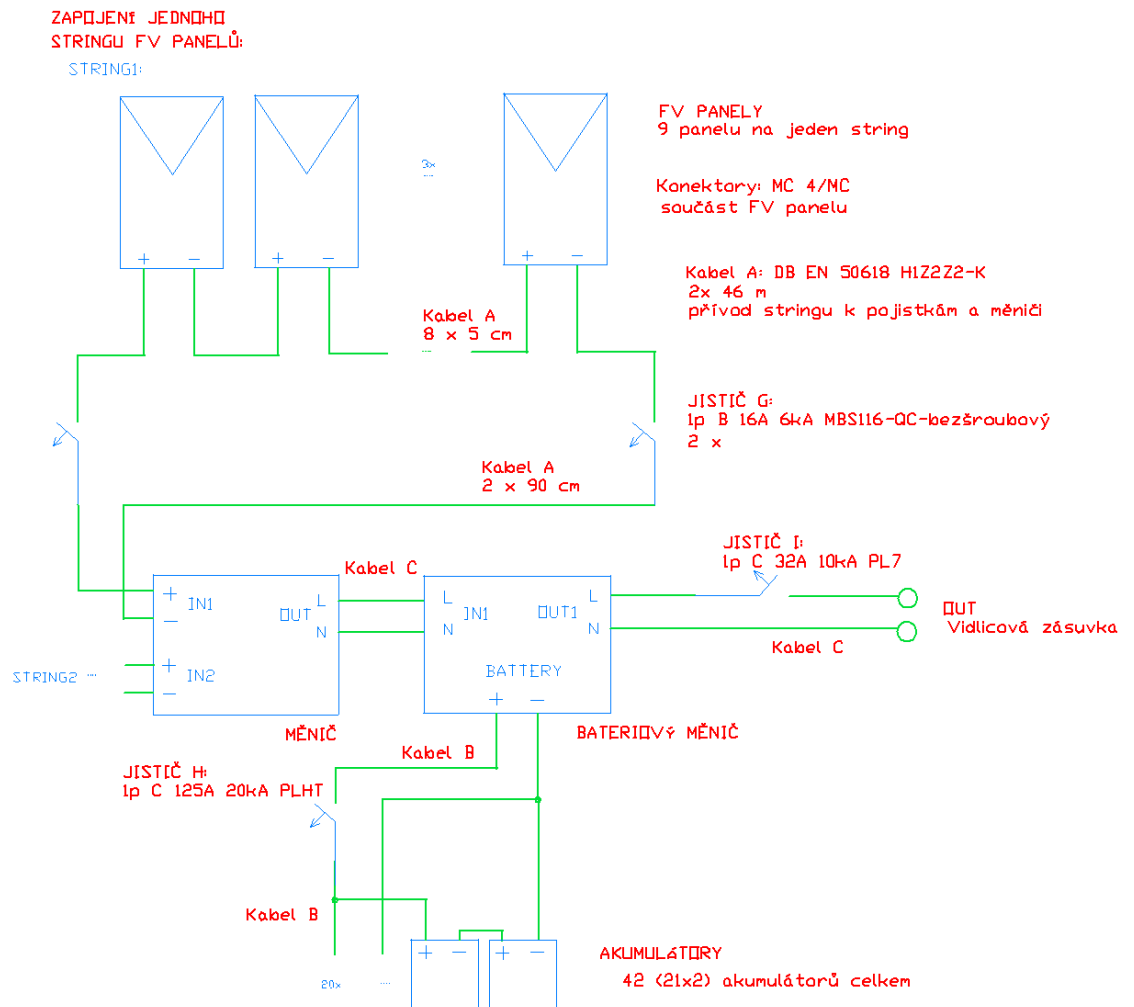
PŮDORYS



• R, S, T

Uložení v Kontojneru ISO 1C
Použité jednotky mm

B.3 Schéma zapojení



Příloha C - Kusovník

C.1 Kusovník

-	KS	POPIS	TYP	VÝROBCE
A	161 m	Solární kabel	DB EN 50618 H1Z2Z2-K IEC 62930	KBE Elektrotechnik
B	40 m	Bateriový kabel	CYKY-J 3 X 35+25	-
C	3 m	Síťový kabel	CYKY-J 4 X 6	-
D	18 ks	Držáky solárního panelu	trojúhelníkové, sada 2ks pro 1 panel	MHPower Solar
G	4 ks	Stringový jistič	1p B 16A 6kA MBS116-QC-bezšroub.	Hager
H	1 ks	Bateriový jistič	1p C 125A 20kA PLHT	EATON
I	1 ks	Výstupní jistič	1p C 32A 10kA PL7	EATON
J2	2 ks	Lišta nástěnná	jednoduchá 2000mm, bílá	VELANO
J1	4 ks	Lišta nástěnná	jednoduchá 1500mm, bílá	VELANO
K	22 ks	Konzole	Konzole policová 200x250 hnědá	-
L	18 ks	Solární panel	LG385Q1K-A6	LG
M	1 ks	Měnič	ABB UNO-DM-6.0-TL-PLUS	ABB
N	1 ks	Bateriový měnič	Sunny Island 6.0H	SMA Solar Technology
O	42 ks	Akumulátory	10 PVV 1500	BAE Batterien GmbH
Q	3 ks	DIN Lišta 35x 7,5	perforovaná 1m (otvor 6,3mm)	Eleman
R	104 ks	Šrouby	-	-
S	104 ks	Matky	-	-
T	104 ks	Podložky	-	-
Z	1 ks	Vidlicová Zásuvka	-	-